

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. E. Ludwig

Über die makroskopische Gliederung des menschlichen Kleinhirns

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen
Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

Liselotte Ludwig-Hauri

von Schiers



19

55

Verlag von S. Karger, Basel

Von der Medizinischen Fakultät Basel
genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. E. Ludwig
Tag der Promotion: 18. Juni 1954



Erschienen in «Acta Anatomica» Vol. 24, No. 2, 1955

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. E. Ludwig

ÜBER DIE MAKROSKOPISCHE GLIEDERUNG DES KLEINHIRNS

Von LISELOTTE LUDWIG-HAURI

Jedermann kennt die freilich mit Vorbehalt durch die I.N.A. sanktionierte Einteilung des menschlichen Kleinhirns in Lobuli des Wurmes und der Hemisphären, und jedermann ist sich bewußt, daß sie nicht mehr, aber auch nicht weniger als eine einigermaßen zu-

treffende Beschreibung gestattet. Ebenso bekannt ist, daß ontogenetisch die ersten Furchen im Wurm entstehen, und daß sie sich nach und nach auf die Hemisphären hinaus verlängern. Aus diesem Verhalten jugendlicher Entwicklungsstadien wurde geschlossen, jeder Lappen des Wurms setze sich in einen bestimmten Lappen der Hemisphäre fort. Dabei wurde leider auf die Beschaffenheit und Tiefe der trennenden Fissuren am fertigen Organ wenig geachtet. Immerhin fiel schon älteren Forschern auf, daß die herkömmliche Beschreibung des Kleinhirns nicht zutrifft.

Bekannt ist ferner, daß sich die vergleichende Anatomie und die Entwicklungsgeschichte bemühen, auf ganz anderer Grundlage eine allgemein verwendbare und überdies mit einem phylogenetischen Inhalt ausgestattete Gliederung aufzustellen, nämlich ein Archi-, ein Palaeo- und ein Neocerebellum gegeneinander abzugrenzen. Die Verbindungen der Kleinhirnrinde mit außerhalb des Organs gelegenen grauen Massen und ihre Zuordnung zu diesen und selbst zu bestimmten Teilen derselben ist ein weiteres Einteilungsprinzip. Seine Ergebnisse beruhen größtenteils auf Experimenten an Tieren, sind also nicht ohne weiteres auf den Menschen zu übertragen. Aber ohne eine deskriptive Terminologie lassen sich diese Projektionsfelder nicht beschreiben. Selbst rein funktionell und in gelegentlichen Äußerungen fast leidenschaftlich antimorphologisch eingestellte Forscher kommen ohne sie nicht aus.

Die vorliegende Arbeit stellt sich zunächst die einfache Aufgabe, die traditionelle Beschreibung der makroskopischen Kleinhirngliederung an einem größeren Materiale vom Menschen zu überprüfen. Insbesondere am Wurm fragen wir uns weiterhin, wie sich seine Primärlappen quantitativ zueinander und zum Ganzen verhalten, um so eine Vorstellung vom Gliederungsprinzip des Vermis zu erwerben.

Methodik

Klingler hat 1935 beobachtet, daß sich das vor der Bearbeitung durchgefrorene Kleinhirn vollständig entrinden läßt. Über die Gefriermethode als solche ist mehrfach berichtet worden (*Klingler* [1935]), *Ludwig* und *Klingler* [1938]), so daß wir nicht auf sie einzugehen brauchen.

Wir entrinden das Kleinhirn in der Regel nach medianer Halbierung und Anbringung von zwei weiteren, dem ersten parallelen Schnitten rechts und links zwischen der Medianebene und dem *Angulus lateralis*. Wünschen wir das Markblatt eines intakten Wurmes samt seinen Verbindungen zu beiden Hemisphären, so isolieren wir durch zwei Sagittalschnitte eine etwa 2,5 cm breite mediane Scheibe des Kleinhirns.

Durch die Entrindung wird die gesamte Außenfläche des Kleinhirnmarkes bis in alle Tiefen seiner Spalten der Betrachtung zugänglich, denn die Furchen erweitern sich, und die Markblätter lassen sich in ausreichendem Maße auseinanderbiegen.

Deskriptiver Teil

Das Kleinhirnmark besteht aus einem im Wurm sehr schwächtigen, in den Hemisphären aber ungleich voluminöseren Körper. Diesem sitzen die gegen die Oberfläche des Organs sich verzweigenden Lamellen auf, welche den Lappen zugrunde liegen. Sofern diese bis auf den Grund scharf gegeneinander abgegrenzt, somit als primär anzusprechen sind, muß jedem eine dem Markkörper unmittelbar aufsitzende Lamelle entsprechen, und die Lappen müssen durch Furchen getrennt sein, die bis auf den Markkörper einschneiden: primäre Fissuren. Die Verzweigungen der Primärlamellen sind als sekundäre, tertiäre usw. zu bezeichnen.

1. Die Gliederung des Wurms

a) Seine Lappen.

Da der Vermis cerebelli nur wenig Mark aufweist (*Liechtenhan* [1945]), ist es schwer, in überzeugender Weise die Grenzen zwischen dem schwächtigen Körper und den zum Teil recht kräftigen Lamellen zu ziehen. Wäre das für jedes Kleinhirn eindeutig möglich, so wären auch die primären Lappen und Fissuren eindeutig zu bestimmen. Das ist bekanntlich nicht der Fall, und die Folge davon ist, daß verschiedene Autoren den Wurm des menschlichen Kleinhirns verschieden gegliedert haben. Wir selbst halten uns auf Grund von 34 Medianschnitten zu der folgenden, wohl für die Mehrzahl aller Kleinhirne zulässigen Beschreibung berechtigt.

Auf dem Medianschnitt ist das Wurmmark als ein langes und niedriges, annähernd gleichschenkliges Dreieck getroffen. Seine vordere Spitze läuft ins Velum medullare anterius aus, und die okzipitale in den Truncus horizontalis, den liegenden Ast *Reils*, den Ramus posterior *Ziehens*. Die dritte, dorsale Ecke bildet eine sehr stumpfwinklige Kante und ist nicht immer gleich präzise ausgeprägt; je stärker sie schwindet, um so bandförmiger wird der Medianschnitt des Wurmmarks. Stets auf seiner höchsten Erhebung, auf der soeben genannten Kante, sitzt der wenig okzipitalwärts geneigte Truncus verticalis, der stehende Ast *Reils*, der Ramus anterior *Ziehens*. Er entspricht an unserem Material ausnahmslos dem Cul-

men. Ein Bild, wie es *Larsell* [1942] nach *Morris* wiedergibt, ist uns nie begegnet. *Morris* läßt nämlich nicht nur das Culmen, sondern auch das Declive vom Truncus verticalis entspringen.

Die Fastigiumrinne wird ungefähr auf der Höhe des Culmen kranial vom Markkörper als solchem, kaudal von der spitzwinklig an diesen anschließenden kurzen und dünnen Noduluslamelle gebildet.

Vor dem Culmen entspringt der Lobulus centralis unmittelbar vom Markkörper. Die Lamelle der Lingula ist häufig mit dem Isthmusende des Markkörpers selbst mehr oder weniger identisch, da sie sich in der Mehrzahl der Fälle nicht ganz vom Velum medullare anterius abhebt. Primär ist ihr Blatt sicher, da es, ob groß oder klein, dem Markkörper stets unmittelbar aufsitzt oder aufliegt.

Mit *Edinger* [1904] von der Lingula, dem Lobulus centralis und dem Culmen als Primärlamellen zu sprechen, scheint uns gerechtfertigt, denn alle drei sitzen einzeln dem Markkörper unmittelbar auf. Auch modernste Autoren, wie *Fulton* und *Dow* [1937], grenzen diese Lappen gegeneinander ab.

Durchaus eindeutig ist sodann das Verhalten des Nodulus. Er hängt nicht etwa am Ende des Truncus horizontalis, sondern ungefähr auf der Höhe des Culmen dergestalt an der basalen Fläche des Markkörpers, daß seine Lamelle die kaudale Wand der Fastigiumrinne bildet. Dazu kommt, daß er auch embryologisch den Wert eines selbständigen Lappens besitzt. Er entwickelt sich freilich nicht, wie *Fulton* [1949] glaubt, "as a direct outgrowth of the vestibular nuclei", sondern, wie *Hochstetter* [1929] schon vor langen Jahren festgestellt hat, aus dem medialen Teil des Kleinhirnrandstreifens.

Infolge einer gewissen Variabilität nicht eindeutig sind die Verhältnisse im Bereiche des Truncus horizontalis mit Einschluß der Uvula. Vom Culmen ist dieses Gebiet durch die Fissura prima stets deutlich getrennt, und der Truncus horizontalis trägt an unserem Material einerseits ausnahmslos den Komplex Declive-Folium-Tuber, anderseits in den meisten Fällen auch die Pyramis; diese steht nur in acht von vierunddreißig Fällen selbständig auf dem Markkörper.

Die Läppchen Declive, Folium und Tuber erwiesen sich an unserem Materiale als so variabel nach Ursprung, Zahl und Umfang, daß Folium und Tuber unseres Erachtens ohne Nachteil aus der anatomischen Nomenklatur verschwinden könnten; wir wenigstens mußten den Versuch aufgeben, sie an allen Objekten ohne Willkür

gegen das Declive abzugrenzen. Eine Interpretation wie die schon erwähnte von *Morris* ist uns kein einziges Mal begegnet.

Der Stamm des Komplexes zerfällt an unseren 34 Median-schnitten nur dreizehnmal, wie im Bilde von *Morris*, durch Trifurkation in die drei Glieder, und auch in diesen Fällen nicht immer nach gleich langem Verlauf. Nicht weniger als achtzehnmal liegen Bifurkationen vor. In diesen Fällen fehlt das Folium zweimal, achtmal hängt es am Tuber, ebenso oft am Declive. Dreimal zerfällt der Stamm gleich in vier Äste. Zu all dem gesellt sich die Tatsache, daß mit den die Namen Declive, Folium und Tuber tragenden Gliedern keineswegs der ganze Lappen erfaßt ist, sondern nur soweit er die Oberfläche erreicht. Namentlich auf der kranialen, aber auch auf der kaudalen Fläche des Stammes stehen nämlich weitere, recht ansehnliche Kleinhirnmassen. Aus diesen Gründen verzichteten wir auf eine Unterteilung des Wurmes zwischen der Fissura prima und der Fissura postpyramidalis und bezeichnen den ganzen Komplex einfach als Declive. Aus dem Gesagten ergibt sich ohne weiteres, daß wir trotz allen Bemühungen beim Menschen hinter der Fissura prima einen Lobus simplex nach *Ingvar* [1918] nicht abgrenzen können, wie er in den Schemata von *Larsell* [1937], *Fulton and Dow* [1937], *Dow* [1942], *Brodal* [1948] und anderen hervortritt.

Der Abgang der Uvulalamelle ist gewissen Schwankungen unterworfen. Der Abstand zwischen der Basis des Nodus und derjenigen der Pyramide ist bei den einen Kleinhirnen fast doppelt so groß als bei den andern. Unter den 34 darauf untersuchten Objekten sitzt die Uvula dreizehnmal näher bei der Pyramide, zehnmal in der Mitte dieser Distanz und fünfmal näher beim Nodus. Gerade in den relativ häufigsten Fällen rückt die Uvula vom eigentlichen Markkörper mehr und mehr gegen oder sogar auf die Unterseite des Truncus horizontalis. So bilden sie *Spalteholz* [1940], *Rauber-Kopsch* [1930], *Hochstetter* [1929] und *Sobotta* [1938] ab.

Viermal entspringen das Declive, die Pyramis und die Uvula aus einer Trifurkation des Truncus horizontalis, und zweimal geht die Uvula von der basalen Seite des Pyramidenblattes ab. Ein derartiger Befund ist bei *Villiger-Ludwig* [1945] dargestellt.

Der in weitaus den meisten Fällen selbständige Ursprung der Uvula veranlaßt uns, immerhin auch hinsichtlich dieses Lappens die *Edingersche* Gliederung des Wurms beizubehalten.

Die freilich in unserem Material nicht gerade häufigen Fälle wie der zuletzt erwähnte bezeugen eine gewisse Unselbständigkeit

der Uvula mit der Neigung, sich der Pyramide anzuschließen. Wir können daher sowohl die Uvula als auch die Pyramide mit zureichenden Gründen weder als primäre noch als sekundäre Lappen ansprechen. Im Gebiete zwischen der Fissura prima und dem Sulcus anonymus *Hochstetters* [1929], dem der Sulcus posterolateralis von *Fulton* [1949] entspricht, sind die Befunde eben uneinheitlich. Wir werden daher den Tatsachen deskriptiv am objektivsten gerecht, wenn wir am Wurm weder von primären noch von sekundären Lappen sprechen, sondern nur von Lappen schlechthin. Wesentlich ist allein, daß es sich um konstante deskriptiv-morphologische Einheiten handelt.

Wir unterscheiden also am Vermis cerebelli die sieben folgenden Lappen: Lingula, Lobus centralis, Culmen, Declive, Pyramis, Uvula, Nodus. Zwischen diesen Lappen liegen sechs Spalten, nämlich die Fissurae praecentralis, postcentralis, prima, postpyramidalis, praepyramidalis und uvulonodularis. Die Fissura postpyramidalis liegt zwischen dem Declive und der Pyramide, die Fissura praepyramidalis zwischen der Pyramide und der Uvula (Fissura uvulopyramidalis) und nicht umgekehrt, wie gelegentlich auch nicht ohne jede Berechtigung verfahren wird. Die Fissura uvulonodularis endlich entspricht der medianen Strecke der zu allererst auftretenden Randfurche, die den Randstreifen *Hochstetters* [1929] vom äußeren Kleinhirnwulst trennt. Die Bezeichnung der Fissura prima ist insofern gerechtfertigt, als diese als erste Furche im Corpus cerebelli bemerkbar wird, also im Derivat des äußeren Kleinhirnwulstes.

Die Siebenzahl der Wurmlappen ist nicht konstant. Sie kann durch Zuwachs in der Gestalt eines Lappens zwischen der Lingula und dem Lobus centralis um eine Einheit vermehrt sein. Unser Material läßt alle Stufen dieses Zuwachses erkennen. An zwölf von unseren 34 Vermes besitzt die Lingula nur eine Oberseite, d.h., sie ruht bis an die Spitze dem Velum medullare anterius auf. An den zehn nächsten Objekten hebt sie sich mit der Spitze beginnend mehr und mehr vom Velum ab, und dieses besitzt nur einen dünnen, nicht in Windungen gegliederten Rindenüberzug. An vier weiteren Kleinhirnen ist die Abhebung bis an die Basis des Lobus centralis heran erfolgt, die Rinde auf dem Velum ist aber immer noch dünn und ungegliedert; an zwei Objekten dieser Art fehlt die Rinde auf dem Velum vollkommen. Die sechs letzten Präparate endlich zeigen, wie die Gliederung der Lingularinde eben einsetzt und maximal aus fünf kräftigen Windungen besteht, also ungefähr wie an den zwölf zuerst erwähnten Objekten beschaffen ist. Gleichzeitig nimmt

der neue Lappen an Umfang zu und gewinnt mehr und mehr den Aspekt eines zweiten Lobus centralis. Wenn also von einer Verdoppelung dieses Lappens die Rede ist, so beruht diese nicht auf einer Spaltung des Lappens oder seiner Anlage, sondern offenbar auf dem Einschneiden einer zusätzlichen Furche zwischen der Lingula und dem Velum medullare anterius. Je tiefer die Furche einschneidet, um so deutlicher wird der zusätzliche Lappen.

b) Die Zwischengebilde des Wurms.

In den eben betrachteten Lobi ist nun aber nicht die ganze Substanz des Wurms enthalten. Zwischen ihnen, in der Tiefe der Fissuren, erheben sich vielmehr in der Einzahl oder in der Mehrzahl kleinere und im Einzelnen stark variierende, aber insofern selbstständige Formationen, als sie direkt dem Markkörper aufsitzen. Wir bezeichnen sie als Zwischengebilde. Es handelt sich um alle erdenklichen Übergänge von ganz schwächtigen über kräftigere Windungen zu ansehnlicheren Lamellen, die ihrerseits von unterschiedlichem Wuchse sein und mehr oder weniger zahlreiche Windungen tragen können. Die kleinen Windungen signieren wir mit *w*, die größeren mit *W*; die umfangreicheren Formationen nennen wir Federn, und unter diesen unterscheiden wir kleine *f* und große *F*. Diese Zwischengebilde sind bei der Betrachtung des Wurms nicht ganz zu vernachlässigen, trotzdem sie quantitativ eine weit geringere Rolle spielen als die Windungsbestände der Lappen. Wir haben die Zwischengebilde aller Objekte, auf die Fissuren verteilt, in der Tabelle 1 zusammengestellt. Sie gibt die Frequenz der Zwischengebilde in den einzelnen Fissuren an. Diese ist sehr ungleich: ein Zwischengebilde ist der häufigste Befund, drei der seltenste; in der Fissura prima sind sie konstant trotz oder vielleicht wegen des frühen Auftretens dieser Furche, und in der Fissura postpyramidalis fehlen sie vollkommen.

Tabelle 1. Frequenz der Zwischengebilde in den Fissuren des Wurms.

Anzahl der Zwischengebilde .	0	1	2	3	Σ
Praecentralis	29	4	1	0	6
Postcentralis	4	27	3	0	33
Fissura I	1	24	7	2	44
Postpyramidalis	34	0	0	0	0
Praepyramidalis	26	7	1	0	9
Uvulonodularis	14	18	2	0	22

Tabelle 2. Windungszahlen der einzelnen La

Kleinhirn Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lingula	7	4	4	6	9	5	3	4	5	6	7	5
Lobus centralis . .	14	14	18	12	20	14	15	16	16	18	14	23
Culmen	56	41	54	52	50	61	60	77	51	61	71	63
Declive	38	46	45	53	46	54	55	47	64	52	63	53
Pyramis	21	26	23	31	30	27	24	24	31	33	30	36
Uvula	26	29	22	25	33	31	36	29	30	30	27	28
Nodulus	7	10	11	10	12	10	10	7	12	12	10	13
Zwischengebilde . .	3	4	3	3	4	3	2	3	3	4	3	4
Total	172	174	180	192	204	205	205	207	212	216	225	225

Tabelle 3. Die Lappen des Wurms auf Grund der Windungszahlen (Tabelle 2) vom kleins

Kleinhirn Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lingula	25a	2a	2b	18a	27a	9a	1	2c	9b	18b	25b	9c
Lobus centralis . .	3a	3b	16a	1	19a	3c	7a	10a	10b	16b	3d	23a
Culmen	6a	1	5	4	2	9a	8	23	3	9b	19	11a
Declive	1	3a	2	8a	3b	10	11	5	18	6a	17	8b
Pyramis	1	6	3	12a	10a	7a	4a	4b	12b	19a	10b	23
Uvula	7a	12a	2	5a	19a	17a	23	12b	15a	15b	9	10a
Nodulus	1a	8a	16a	8b	22a	8c	8d	1b	22b	22c	8e	28a
Total	44	35	46	56	102	63	62	57	89	105	91	112

c) Die Windungszahlen des Wurms und seiner Lappen.

Die absoluten Zahlen. Für das Verständnis der Wurmgliederung maßgebend, bisher aber unseres Wissens nie in Betracht gezogen, sind die Windungszahlen sowohl des ganzen Wurmes als auch seiner Lappen. Wenn auch die Windungen nicht alle genau gleich groß sind, so ist ihre Zahl doch als ein gewisses Maß der Rindenoberfläche und der Rindenmasse brauchbar.

Als Grundlage unserer Betrachtung dient die Tabelle 2. Sie umfaßt die dreißig ersten der für die Gliederung des Wurms herangezogenen 34 Objekte. Diese sind den Windungszahlen des Gesamtwurms entsprechend fortlaufend numeriert (oberste Reihe). In den folgenden sieben Reihen sind die Windungszahlen der einzelnen Lappen eingetragen, die neunte enthält die Summe aller Zwischengebilde und die letzte die totalen Windungssummen der einzelnen

schengebilde und des Wurms.

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
6	11	4	6	5	9	5	4	5	4	6	10	4	5	6	6
19	15	17	30	17	20	20	15	29	17	23	23	28	37	24	24
63	63	75	66	70	69	68	80	78	102	88	66	74	78	89	85
60	69	59	52	77	61	74	58	68	71	70	75	75	73	90	86
31	31	32	32	22	45	34	38	39	31	34	39	38	42	28	48
33	24	29	31	34	28	37	40	26	24	25	38	42	37	38	44
10	11	11	10	11	12	7	13	9	7	10	11	9	12	8	11
7	5	3	4	4	4	3	3	3	3	10	5	2	2	4	7
229	229	230	231	240	248	248	251	257	259	266	267	272	286	287	311

größten (30) geordnet. Gleichgroße Lappen durch Buchstaben kenntlich.

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
18c	30	2d	18d	9f	27b	9g	2e	9h	2f	18e	29	2g	9i	18f	18g
18	7b	12a	29	12b	19b	19c	7c	28	12c	23b	23c	27	30	25a	25b
11b	11c	22	14a	18	17	16	26	24	30	28	14b	21	24b	29	27
14	20	13	6b	28	15	14b	12	19	22	21	26a	26b	23	30	29
12c	12d	17a	17b	2	29	21a	24a	26a	12e	21b	26b	24b	28	9	30
19b	3a	12c	17b	21	10b	24a	28	7b	3b	5b	26a	29	24b	26b	30
8f	16b	16c	8g	16d	22e	1c	28c	6a	1d	8h	16e	6b	22f	5	16f
100	99	94	109	106	139	114	127	119	82	124	160	135	160	142	175

Vermes. Die vertikalen Kolonnen geben demnach für jedes Kleinhirn Aufschluß über die Zahl seiner Wurmwindungen und über die Verteilung derselben auf die einzelnen Lappen. Trotzdem das Material für eine regelrechte statistische Auswertung zu klein ist, läßt sich doch einiges aus der Tabelle 2 herauslesen.

Zunächst ist ersichtlich, was eigentlich selbstverständlich ist, daß im allgemeinen große Windungszahlen der Lappen mit zunehmendem Total häufiger werden und umgekehrt. Von fundamentaler Bedeutung ist aber, daß die Windungszahlen der Lappen weitgehend unabhängig von denen des Gesamtwurms variieren.

Besonders eindrucklich wird diese Feststellung an Hand der Tabelle 3. Darin haben wir an die Stelle der Windungszahlen die Rangzahlen der Lappen gesetzt. Diese geben an, der wievielt kleinste jeder Lappen unter seinesgleichen ist. In fünfzehn Kleinhirnen stimmt kein Wurmlappen seinem Range nach mit dem Ge-

samtwurm überein, in zwölf einer, in einem zwei und in zwei anderen drei. Die Pyramide entspricht siebenmal dem Gesamtwurm, die Lingula dreimal, der Lobus centralis zweimal, desgleichen das Culmen, der Nodulus, das Declive und die Uvula.

Um ein Beispiel herauszugreifen, entspricht dem vierten Wurm zwar das 4. Culmen, aber die 18.–24. Lingula, der 1. Lobus centralis, das 8.–9. Declive, die 12.–16. Pyramis, die 5.–6. Uvula und der 8.–15. Nodulus.

Aus der Tabelle 4 sind die Minima und die Maxima, das gegenseitige Verhältnis dieser Größen sowie in Ermangelung von etwas Besserem die arithmetischen Mittel der Windungszahlen in den einzelnen Lappen und im Gesamtwurm ersichtlich. Deutlich am stärksten variieren die Lingula und der Lobus centralis, offenbar im Zusammenhang mit den früher beschriebenen Varianten in ihrem Bereiche. Die anderen Lappen halten sich in engeren und unter sich ähnlichen Grenzen.

Auf Grund der Minima, der Maxima und der arithmetischen Mittel folgen sich (Tabelle 4) Lingula, Nodulus, Lobus centralis, Uvula, Pyramis, Declive, Culmen. Aber nur neun Vermes entsprechen diesem Schema, und nur die Lingula und der Nodulus entsprechen einigermaßen der Regel; in den Vermes 1 und 16 sind diese beiden Lappen gleich windungsreich.

Die Uvula ist in dreizehn Fällen größer als die Pyramis, und zwar um zwei bis zwölf Windungen, durchschnittlich um gut fünf. Zwölf Declivia sind um eine bis dreizehn Windungen größer als das zugehörige Culmen, durchschnittlich um fast fünf Windungen. Beide Abweichungen sind sechsmal kombiniert.

Tabelle 4. Die Minima, die Maxima, ihr gegenseitiges Verhältnis und die arithmetischen Mittel der Windungszahlen.

	Mi	Ma	Mi : Ma	M
Lingula	3	11	1 : 3,7	5,7
Lobus centralis	12	37	1 : 3,1	19,5
Culmen	41	102	1 : 2,5	68,3
Declive	38	90	1 : 2,4	62,3
Pyramis	21	48	1 : 2,3	32,0
Uvula	20	44	1 : 2,2	30,9
Nodulus	7	13	1 : 1,8	10,4
Vermis	169	304	1 : 1,8	229

Der Lobus centralis ist einmal gleich der Uvula und einmal um drei Windungen größer als diese (28 bzw. 23). Dabei ist 28 der größte Lobus centralis und verdoppelt; auch 23 ist verdoppelt, aber eher klein. Der größte einfache Lobus centralis (30) übertrifft mit seinen 24 Windungen den kleinsten doppelten (25 mit 23 Windungen) nur um ein geringes.

Ein sozusagen ideal proportionierter Vermis müßte mit seiner gesamten Windungszahl und mit den Windungszahlen seiner Lappen wenigstens annähernd der Kolonne M in der Tabelle 4 entsprechen. Dem fügt sich keines von unseren Objekten. Die Summe der Minima (142) wird auch von unserem windungsärmsten Wurm mit 169 überschritten, und die Summe der Maxima (345) wird selbst vom windungsreichsten Wurm mit 304 nicht erreicht.

Die Summe der vertikalen Kolonnen in der Tabelle 3 sollten, verhielte sich jeder Lappen proportional zu seinem Wurm, sieben, vierzehn, einundzwanzig . . . zweihundertzehn betragen, und die Summe der horizontalen Reihe Σ 3255. Tatsächlich variieren die Summen der vertikalen Kolonnen zwischen fünfunddreißig und hundertfünfundsiebzig, und die Summe der Reihe Σ beträgt 3054, also $210 = 6,2\%$ weniger als bei Proportionalität der Lappen zu den Vermes. Gliedern wir die Zahlen der Reihe Σ der Tabelle 3 in fünf Klassen, so ergibt sich die Tabelle 5. Sie dürfte wohl trotz der kleinen Zahl untersuchter Kleinhirne dahin zu interpretieren sein, daß die Windungszahlen der Lappen und somit auch diejenigen des Gesamtwurmes nach dem Gesetze des Zufalls variieren.

Tabelle 5. Frequenz der Zahlen Σ in Tabelle 3.

Σ	Fr.
– 55	3
56–86	6
87–117	11
118–148	7
149–	3

Die relativen Zahlen. Um uns auch über die relativen Größenverhältnisse der Lappen zu ihren Vermes zu unterrichten, berechneten wir auf Grund der absoluten Windungszahlen die prozentualen Anteile der einzelnen Lappen am Total jedes Objekts. In der Tabelle 6 sind die entsprechenden Werte eingesetzt, auf eine Dezimalstelle auf-

Tabelle 6. Die prozentualen Anteile

Kleinhirn Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lingula	4,1	2,3	2,3	3,2	4,5	2,5	1,5	2,0	2,4	2,8	3,1	2,3
Lobus centralis . .	8,3	8,2	10,2	6,3	10,0	6,9	7,4	7,8	7,6	8,5	6,3	10,4
Culmen	33,1	24,1	30,5	27,5	25,0	30,2	29,6	37,7	24,4	28,8	32,0	28,5
Declive	22,5	27,1	25,4	28,0	23,0	26,7	27,1	23,0	30,6	24,5	28,4	24,0
Pyramis	12,4	15,3	13,0	16,4	15,0	13,4	11,8	11,8	14,8	15,6	13,5	16,3
Uvula	15,4	17,1	12,4	13,2	16,5	15,3	17,7	14,2	14,3	14,1	12,2	12,7
Nodulus	4,1	5,9	6,2	5,3	6,0	4,9	4,9	3,4	5,7	5,7	4,5	5,9

Tabelle 7. Die Lappen des Wurms auf Grund ihrer prozentualen Anteile

Kleinhirn Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lingula	28	18	15a	25	29	20	1a	7	19	23	24	15b
Lobus centralis . .	17	16	25	4	24	7	9	12	11	19	3	27
Culmen	27	1	20	8	4	19	17	29	2	15	23	14
Declive	1	15	9	21	3	12	16	4	26	7	23	6
Pyramis	7	23	8	29	22	10	4	3	20	26	11	28
Uvula	24	29	8	12	28	23	30	16	17	15	7	9
Nodulus	9	27a	30	22	29	20	19	5	25	24	13a	27b
Total	113	129	115	121	139	111	106	76	120	129	104	126

bzw. abgerundet. Berechnet wurde auf zwei Dezimalstellen, um die Rangtabelle eindeutiger gestalten zu können (Tabelle 7).

Auf den ersten Blick ist ersichtlich, daß der prozentuale Anteil der Lappen am Ganzen nicht stets derselbe ist, sondern daß jeder Wurm seine eigene Gliederung aufweist. Die relative Variabilität stimmt aber mit der absoluten (Tabelle 2) nicht überein. Das geht eindeutig aus der Tabelle 7 hervor, in welcher wie in Tabelle 3 die Rangzahlen der Lappen eingetragen sind, diesmal aber die relativen. Nur an drei Objekten stimmt je ein Lappen zur Größe des Gesamtwurms: einmal der Lobus centralis (4), einmal das Declive (1) und einmal die Pyramide (11).

Zum vierten Kleinhirn, zum Beispiel, das wir Seite 180 schon bei der numerischen Betrachtung herausgegriffen haben, gehören hinsichtlich ihres Ranges zwar der 4. Lobus centralis, aber das 8. Culmen, die 12. Uvula, das 21. Declive, der 22. Nodulus, die 25. Lingula und die 29. Pyramis. Die relativen Rangzahlen stimmen also nicht nur mit den absoluten, sondern, Proportionalität vorausgesetzt, auch mit den erwarteten relativen nicht überein.

pen an den Vermes.

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2,7	4,9	1,8	2,6	2,1	3,7	2,0	1,6	2,0	1,6	2,3	3,8	1,5	1,8	2,1	2,0
8,6	6,7	7,5	13,2	7,2	8,2	8,2	6,0	11,4	6,6	9,0	8,8	10,4	13,0	8,5	7,9
28,4	28,1	33,0	29,1	29,7	28,3	27,7	32,3	30,7	39,8	34,4	25,2	27,4	27,5	31,4	28,0
27,0	30,8	26,0	22,9	32,6	25,0	30,2	23,4	26,8	27,7	27,3	28,6	27,8	25,7	31,8	28,3
14,0	13,8	14,1	14,1	9,3	18,4	13,9	15,3	15,3	12,1	13,3	14,9	14,1	14,8	9,9	15,8
14,9	10,7	12,8	13,6	14,4	11,5	15,1	16,1	10,2	9,4	9,8	14,5	15,5	13,0	13,4	14,7
4,5	4,9	4,8	4,4	4,7	4,9	2,8	5,2	3,5	2,7	3,9	4,2	3,3	4,2	2,8	3,6

nzen vom kleinsten (1) zum größten (30) bezeichnet.

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
22	30	5a	21	11a	26	10	4	8a	3	16	27	1b	5b	11b	8b
20	6	10	30	8	15	14	2	28	5	22	21	26	29	18	13
13	11	26	16	18	12	9	24	21	30	28	5	6	7	22	10
14	27	11	2	29	8	25	5	13	19	17	24	20	10	28	22
14	12	16a	16b	1	30	13	24	25	5b	9	21	15	19	2	23
21	5	10	14	18	6	22	27	4	2	3	19	25b	11	13	20
13b	17a	16	12	15	17b	3	21	6	1	8	10	4	11	2	7
117	108	94	111	100	114	96	107	95	65	103	127	97	92	96	103

Nach Tabelle 8, in welcher nach Tabelle 6 die arithmetischen Mittel der Prozentzahlen für die zehn kleinsten und die zehn größten Vermes verglichen werden, kommt keinem Lappen für den relativen Windungsreichtum des zugehörigen Wurms eine Sonderstellung zu. Denn der größte Unterschied (Declive) beträgt nicht ganz 2% zu

Tabelle 8. Vergleich der arithmetischen Mittel aus Tabelle 6 für die zehn kleinsten und die zehn größten Vermes.

Kleinhirn Nr.	1-10	21-30
Lingula	2,75	2,06
Lobus centralis	8,13	8,98
Culmen	29,09	30,44
Declive	25,80	27,76
Pyramis	13,94	13,94
Uvula	15,04	13,18
Nodulus	5,22	3,64

Gunsten der größeren Objekte, die Pyramiden verhalten sich in beiden Gruppen gleich, und die Lingulae, die Uvulae und die Noduli erreichen in den großen Vermes nicht einmal den Anteil, den sie an den kleinen nehmen.

In der Tabelle 9 sind, immer in Prozenten des Gesamtwurms, die Minima, die Maxima, ihr gegenseitiges Verhältnis und die arithmetischen Mittel verzeichnet. Das Verhältnis der Minima zu den Maxima liegt etwas näher bei 1 : 1 als bei den absoluten Zahlen (Tabelle 4) mit Ausnahme des Nodulus, der prozentual stärker variiert als absolut. Die Lingula variiert auch relativ am stärksten.

Tabelle 9. Schwankungen der prozentualen Anteile, welche die Lappen an den Vermes nehmen.

	Mi	Ma	Mi : Ma	M
Lingula	1,5	4,9	1 : 3,3	2,5
Lobus centralis	5,8	13,2	1 : 2,3	8,5
Culmen	24,1	39,8	1 : 1,6	29,6
Declive	22,5	33,2	1 : 1,5	27,1
Pyramis	9,3	18,4	1 : 2,0	14,0
Uvula	8,7	17,7	1 : 2,0	13,6
Nodulus	2,7	6,2	1 : 2,3	4,6

Die Größenfolge der Lappen (Tabelle 9) ist prozentual im Durchschnitt dieselbe wie absolut (Tabelle 4). Aber nur acht Präparate (Tabelle 6) entsprechen prozentual dem Schema. Zweimal sind Lingula und Nodulus einander gleich, einmal Lobus centralis und Uvula. Dreizehnmal ist die Uvula größer als die Pyramide, und zwar um 0,8–5,9%. Zwölfmal ist das Declive größer als das Culmen, und zwar um 0,3–6,2%. Sechsmal kommen die beiden zuletzt genannten Varianten gleichzeitig vor; in diesen Fällen ist das Declive um 0,3 bis fast 3% größer als das Culmen, und die Uvula ist gegenüber der Pyramide um 0,9–5% im Vorsprung.

Vergleichen wir die Summe der letzten Querreihe 3239 in der Tabelle 7 wiederum (Seite 181) mit 3255, so ergibt sich eine Differenz von nur — 0,49%, also praktisch Übereinstimmung. Und verfahren wir endlich mit den Zahlen der letzten Querreihe in der Tabelle 7 (arithmetisches Mittel = 108) wie bei der Erstellung der Tabelle 5 (Seite 181), so ergibt sich die Tabelle 10. Auch prozentual variieren die Vermes und ihre Lappen dem Gesetze des Zufalls entsprechend.

Tabelle 10. Frequenzen der Zahlen Σ in Tabelle 7.

$\Sigma\%$	Fr.
— 85	2
86–100	9
101–115	11
116–130	8
131–	1

Die Mitte des Wurms liegt immer im Declive, nach den absoluten Zahlen (Tabelle 2) fünfundzwanzigmal in der ersten Hälfte, dreimal in der Mitte und zweimal in der zweiten Hälfte. Nach den relativen Zahlen umfaßt die vordere Wurmhälfte 2,0–15,6% der dem Declive zufallenden Wurmanteile zwischen 22,5 und 33,2% (Tabelle 9).

Die vergleichend anatomische Gliederung. Die deskriptive Gliederung des menschlichen Vermis cerebelli, an die wir uns bisher hielten, steht namentlich bei den vorwiegend experimentell und physiologisch eingestellten Forschern nicht hoch im Kurs. Sie ziehen es vor, mit *Larsell* u. a. vom Lobus nodulofloccularis und vom Corpus cerebelli zu sprechen. Wenn wir auch für den Lobus lieber Pars setzen möchten, da zwei Lappen nicht ein Lappen sind, ist gegen diese Gliederung durchaus nichts einzuwenden, da die Entwicklungsgeschichte unmißverständlich für sie eintritt.

Das Corpus cerebelli wird durch die Fissura prima (zwischen Culmen und Declive) in die Lobi anterior und posterior gegliedert. Für diese Lappen haben wir dieselben Berechnungen durchgeführt wie für die klassischen. Die relativen Anteile beider am Gesamtwurm gehen aus der Tabelle 11 hervor, die wie Tabelle 9 zu lesen ist. Ordnen wir die Lappen der Größe nach wie in Tabelle 7 und verfahren wir mit der Reihe Σ wie dort, so weist die tatsächliche gegenüber der erwarteten Summe eine Differenz von nur — 0,43%

Tabelle 11. Schwankungen der prozentualen Anteile der Lobi anterior und posterior am Vermis.

	Mi %	Ma %	Mi : Ma	M
Lobus anterior	34,4	48,0	1 : 1,4	40,6
Lobus posterior	49,0	59,7	1 : 1,2	54,7

auf. Der kleinste Lobus posterior ist nur ganz wenig größer als der größte Lobus anterior, aber das Minimum des Lobus anterior verhält sich zum Maximum des Lobus posterior wie 1:1,7. Die gleichen Rechnungen wie die für die klassischen Lappen ergeben, wie vorauszusehen, daß auch die Lobi anterior und posterior nach dem Gesetze des Zufalls variieren.

Die phylogenetische Gliederung. Auf Grund der phylogenetischen Gliederung des Kleinhirns in Archi-, Palaeo- und Neocerebellum können keine Berechnungen über den Umfang dieser Teile angestellt werden. Daß das Neocerebellum zwischen dem kranialen und dem kaudalen Teil des Palaeocerebellum liegt, und daß das Palaeocerebellum den kranialen und den kaudalen Randzonen des Organs entspricht, haben wir keinen Grund zu bezweifeln. Aber wo sollen wir beim Menschen die Grenzen ziehen? Die Schwankungen der Anteile am Ganzen beweisen, daß diese Grenzen unscharf, individuell variabel und nicht an Fissuren gebunden sind. Auch die faser-anatomische Forschung stellt nirgends scharfe Grenzen fest.

Wir mögen also die vorhandenen Wurmlappen, wie immer wir wollen, zu höheren Einheiten zusammenfassen, so verleugnen doch diese ihre Zusammensetzung aus dem Zufall entsprechend variablen Einheiten nicht. Auch sie sind nicht nur von wechselnder absoluter Größe, sondern sie nehmen auch relativ einen verschiedenen Anteil am Aufbau des Ganzen als variabel zueinander proportionierte Glieder desselben.

2. Die Hemisphären

Von den Hemisphären, deren Vermes verarbeitet wurden, konnten elf als Sammlungspräparate nicht zerstört und daher nicht in die folgende Betrachtung einbezogen werden. Dafür ergänzten wir unser Material durch die Objekte 31 bis 34 und I. So ließen sich an sieben Kleinhirnen beide Hemisphären untersuchen (1, 6, 10, 16, 19, 22, I), nur die linke an vierzehn (2, 3, 5, 7, 13, 17, 20, 21, 24, 26, 27, 29, 31, 32), nur die rechte an dreien (8, 33, 34). Im ganzen besteht also unser Material aus 31 Hemisphären.

Es ist zwar recht wahrscheinlich, daß die Hemisphären bezüglich ihrer Gliederung den gleichen Gesetzen unterstehen wie der Wurm, aber anschaulich beweisen können wir es nicht. Denn bei der Hemisphäre verbietet es sich, einfach die Windungen zu zählen und die gefundenen Zahlen zueinander in Beziehung zu bringen,

weil die Windungszahlen zwischen der Wurm-Hemisphärengrenze und dem Sulcus horizontalis anterior in weitem Umfange schwanken und weil die Windungslängen im Gegensatz zum Wurm stark verschieden sind; sie können aus diesem Grunde nicht als Maßstab für Rindenmengen gelten.

Wir haben uns also auf das Studium der Hemisphärengliederung in einzelne Lappen beschränken müssen. Die Untersuchung erfolgte so, daß wir die primären, d.h. die bis auf den Markkörper einschneidenden Furchen und ihre Eigenschaften feststellten. Das erlaubt uns, die klassische Lehre von der Hemisphärengliederung zu überprüfen, laut welcher jedem Wurmlappen ein Hemisphärenlappen entsprechen soll und umgekehrt. Auch allfällige Asymmetrien müssen zum Vorschein kommen.

Zu dem genannten Zweck wurde jede Hemisphäre durch einen Sagittalschnitt mitten zwischen dem Angulus lateralis und der Wurmgrenze in zwei Hälften zerlegt. Mehrere dieser Präparate mußten zur Gewinnung klaren Einblicks entrinDET werden.

Unsere erste Feststellung war die, daß sich der Grund der Primärfurchen verschieden verhält. Darin tritt eine gewisse Analogie mit den Wurmfissuren hervor, in denen Zwischengebilde bald vorhanden sind, bald fehlen. Als unbedingt primäre bezeichnen wir die Spalten, deren Grund entweder leer, d.h. von glatter Rinde, von einer Rindenfurche gebildet ist oder nur einfache Windungen enthält, die in wechselnder Zahl von einem Lappen auf den anderen übertreten. Die bedingt primären Furchen dagegen werden unter mehr oder weniger spitzen Winkeln von Windungssystemen überschritten, die auf Sagittalschnitten als Federn erscheinen, wie sie als Zwischengebilde des Wurms beschrieben wurden.

Abgesehen von der Zahl, der Lage und dem Charakter der Primärfurchen verlangen ihre beiden Enden Aufmerksamkeit. Das eine läuft zwar stets im Sulcus horizontalis anterior aus, das andere aber verhält sich an der Wurm-Hemisphärengrenze verschieden. Es kann daselbst enden oder auf einen Wurmlappen übergehen oder endlich in eine primäre Wurmfissur auslaufen.

Mit den üblichen Namen werden jeweilen die Furchen bezeichnet, bei deren Verfolgung in die entsprechenden Wurmfissuren die wenigsten Hindernisse zu übersteigen sind, die also dem klassischen Schema wenn auch durchaus nicht immer gut, so doch am ehesten entsprechen.

Befunde

1. Die Hemisphärenfurchen.

a) *Die klassischen Sulci.* Nach der klassischen Lehre sollte der Sulcus praecentralis als erste Primärfurche der Hemisphäre zwischen dem Vinculum lingulae und der Ala lobuli centralis liegen. Wir erhoben indessen diesen Befund nur zwölfmal; mit zwei Ausnahmen sind diese Furchen leer. Bei fünf Präparaten geht das Vinculum auf die Ala lobuli centralis über, bei den übrigen vierzehn fehlt es.

Der Sulcus postcentralis zwischen der Ala lobuli centralis und der Pars anterior lobuli quadrangularis besteht zwölfmal als Primärfurche, darunter zehnmal als erste in Fällen, in denen der Sulcus praecentralis fehlt, zweimal als zweite gleichzeitig mit diesem. Dreimal ist er leer, neunmal enthält er Windungen.

Der Sulcus superior anterior zwischen der Pars anterior und Pars posterior lobuli quadrangularis liegt mit nur zwei Ausnahmen ganz auf dem Markkörper; siebenmal ist er leer, viermal ist er bedingt primär.

Der Sulcus superior posterior zwischen der Pars posterior lobuli quadrangularis und dem Lobus semilunaris superior ist nur beim Kleinhirn 32 nicht durchgehend primär. An den anderen Objekten ist er einmal leer, viermal von Windungen durchsetzt, einmal enthält er eine längsverlaufende Feder und vierundzwanzigmal ist er bedingt primär. Der Sulcus horizontalis posterior zwischen den Lobuli semilunares fehlt als primäre Furche in sechs Fällen. In einundzwanzig Fällen ist er bedingt primär und nur in vierein primär. Leer ist er nie.

Der Sulcus inferior posterior zwischen den Lobuli semilunaris inferior und gracilis ist siebenmal unbedingt primär, aber nur einmal leer; dreimal ist er bedingt primär.

Der Sulcus inferior anterior zwischen den Lobuli gracilis und biventer ist achtzehnmal primär, darunter fünfmal leer; zweimal ist er bedingt primär.

Ausnahmslos primär ist der Sulcus posttonsillaris zwischen dem Lobulus biventer und der Tonsille. Sechzehnmal ist er leer, neunmal von einem Windungszuge durchsetzt, dreimal von zweien; dreimal ist er bedingt primär.

Was wir an klassischen Sulci cerebelli an unseren Hemisphären finden konnten, ist in der Tabelle 12 zusammengestellt.

Nie verwischt sich die Grenze, die dem embryonalen Sulcus anonymus (*Hochstetter*) zwischen dem Randstreifen und dem äußeren

Tabelle 12. Frequenz und Beschaffenheit der klassischen und akzessorischen Primärfissuren auf den Hemisphären. (W bedeutet Übergang in primäre Wurmfißuren.)

	total	leer	Win- dungen	bedingt primär	fehlt	W
Sulc. praecentralis . . .	12	10	2	0	19	12
Sulc. postcentralis . . .	12	3	9	0	19	10
Furchen im Lob. qu. ant.	50	22	27	1	2	0
Sulc. superior ant. . . .	29	7	18	4	2	2
Furchen im Lob. qu. post.	18	4	13	1	14	0
Sulc. superior post. . . .	30	1	5	24	1	0
Sulc. horizont. post. . . .	25	0	4	21	6	0
Sulc. inferior post. . . .	10	1	6	3	21	2
Sulc. inferior ant. . . .	20	5	13	2	11	5
Furche im Lob. biventer	28	14	13	1	3	1
Sulc. posttonsillaris . . .	31	16	12	3	0	31
Sulc. anonymus	31	31	0	0	0	31

Kleinhirnwulste entspricht, auch dann nicht, wenn das Velum medullare posterius einige niedrige Windungen trägt.

Ebenfalls ausnahmslos primär ist der Sulcus posttonsillaris, aber er ist nur in der Hälfte der Fälle leer.

Fast ausnahmslos stoßen wir auf einen primären Sulcus superior posterior, aber er ist in der Regel bedingt primär und nur ausnahmsweise leer.

Ihm steht in der Frequenz der Sulcus superior anterior nahe, dieser zeichnet sich aber dadurch aus, daß er weit häufiger unbedingt als bedingt primär und siebenmal leer ist.

Immer noch mehrheitlich vorhanden sind die Sulci horizontalis posterior und inferior anterior. Der erste ist in der Regel bedingt primär und an unserem Materiale nie leer, der zweite ist überwiegend unbedingt primär und fünfmal leer.

Die Sulci prae- und postcentralis und inferior posterior sind nur in etwa einem Drittel der Fälle primär. Das Verhalten der beiden erstgenannten wird freilich weitgehend durch den Befund am Vinculum lingulae und an der Ala lobuli centralis bestimmt.

Besonders eindrucklich wird die ungemeine Variabilität der Hemisphärengliederung an Hand der Tabellen 13 bis 15. Tabelle 14 gibt in der ersten Kolonne die individuellen Furchensummen an, die wir beobachtet haben, und in der zweiten die Frequenz derselben. Die klassische Neunzahl kommt zwar am häufigsten vor, aber nur in einem Drittel der Fälle, und sie ist durch das Vorhanden-

Tabelle 13. Primäre Furchen innerhalb der sogenannten Primärlappen (akzessorische Sulci). I Pars anterior lob. quadrangularis, II Lobulus biventer, III Pars posterior lob. quadrangularis.

	Zahl				Beschaffenheit			
	0	1	2	3	total	leer	Wind.	bed. I
I	2	11	15	3	50	22	27	1
II	3	28	0	0	28	14	13	1
III	14	16	1	0	18	4	13	1

Tabelle 14. Variabilität der Hemisphärengliederung

Summe der Furchen	Frequenz
6	1
7	6
8	7
9	11
10	5
11	0
12	1

Tabelle 15. Anzahl und Frequenz der leeren (L) und der von Windungen durchzogenen und bedingt primären Furchen (B) in den Hemisphären.

Zahl der Furchen	Frequenz	
	L	B
1	3	1
2	7	2
3	6	2
4	6	7
5	4	7
6	2	6
7	3	5
8	0	1

sein nicht nur klassischer, sondern immer auch akzessorischer Furchen (Seite 191) bedingt. Zwei Drittel der Hemisphären fügen sich schon rein zahlenmäßig dem Schema nicht. Auch die weite Streuung (sechs bis zwölf Furchen) ist beachtenswert. In der Tabelle 15 unterscheiden wir einerseits leere, anderseits von Windungen durchzogene und bedingt primäre Furchen. Wir geben an, bei wievielen Objekten eine, zwei, drei usw. dieser Furchen festgestellt wurden.

b) *Die akzessorischen Sulci.* Neben den bisher besprochenen klassischen Sulci treffen wir an den meisten Hemisphären akzessorische Primärfurchen an. Ihr Auftreten ist freilich nach unseren Beobachtungen auf die beiden Teile des Lobulus quadrangularis und den Lobulus biventer beschränkt. Die Tabelle 13 enthält die nötigen Angaben. Sie lehrt insbesondere, daß nicht klassische Hemisphärenfurchen keine Seltenheit sind. Man vergleiche mit Tabelle 12.

Innerhalb der Pars anterior lobuli quadrangularis sind nur an zweien unserer Hemisphären keine Primärfurchen nachzuweisen. Elfmal kommt eine Fissur vor, fünfzehnmal sind es deren zwei und dreimal drei. Eine einzige von diesen insgesamt fünfzig Furchen ist bedingt primär, und zweiundzwanzig sind sogar leer. Der Lappen ist also nur ausnahmsweise einheitlich, in der Regel zerfällt er in drei oder zwei, gelegentlich in vier Läppchen, die definitionsgemäß als primär anzusprechen sind.

In der Pars posterior lobuli quadrangularis liegt fünfzehnmal eine unbedingt primäre Furche, einmal zwei, einmal eine bedingt primäre. Von den total siebzehn unbedingt primären Furchen sind nur vier leer.

Im Lobulus biventer kommt achtundzwanzigmal je eine Primärfurche vor, darunter eine bedingt primäre. Leer sind ihrer vierzehn. Furchenlos ist der Lappen nur dreimal. Die Lobuli semilunaris, gracilis und die Tonsille sind an unserem Material nie primär gegliedert.

Für alle akzessorischen Spalten auf den Hemisphären stellt sich die Frage, ob ihr Bestehen etwa mit besonderen Verhältnissen am Wurm zusammenhängen könnte. Das ist zu verneinen, denn unter den 23 Fällen mit Furchen in der Pars anterior lobuli quadrangularis weisen nur zwei einen verdoppelten Lobulus centralis mit glatter und fünf einen solchen mit windungsbesetzter Lingula auf. Für die Furchen in der Pars posterior lobuli quadrangularis und im Lobulus biventer finden wir im Wurm ebenfalls nichts, was ihre Existenz erklären könnte.

2. Beziehungen der Wurm- und Hemisphärenfurchen zueinander.

Dem klassischen Schema zufolge teilen durchlaufende Furchen das Kleinhirn in einander entsprechende Wurm- und Hemisphärenlappen. Diese Lehre ist durch den Versuch zu überprüfen, die Wurm-furchen auf die Hemisphäre und die Hemisphärenfurchen auf den Wurm zu verfolgen.

a) *Die Wurm-furchen an der Hemisphärengrenze.* Theoretisch sollten wir an unseren einunddreißig Kleinhirnhälften je sechs primäre = 186 durch Wurm und Hemisphären gehende Furchen feststellen können. Sechs ist indessen die kleinste Fissurenzahl, die wir an einer Hemisphäre beobachteten (Tabelle 14), und sie kommt nur einmal vor.

Von den einzelnen Spalten entsprechen nur die Sulci anonymus und posttonsillaris → praepyramidalis den Anforderungen ausnahmslos, von den übrigen vier Wurm-furchen aber gehen insgesamt nur einunddreißig in durchgehend primäre Hemisphären-furchen über, also im Mittel eine pro Objekt. An neun Kleinhirnen erfüllt keine die Bedingung, an fünfzehn eine, an sechsen zwei und an einem drei.

Der Sulcus praecentralis ist in den zwölf Fällen durchgehend, in denen er vorkommt, der ebenso häufige Sulcus postcentralis nur zweimal nicht.

Die Fissura prima geht nur zweimal in den Sulcus superior anterior über, trotzdem dieser neunundzwanzigmal primär ist. Neunmal endet die Fissur an der Wurm-Hemisphäregrenze, und nur zwanzigmal tritt sie auf die Hemisphäre, aber nicht primär. Achtmal erreicht sie die Pars anterior lobuli quadrangularis und zwölfmal die Pars posterior. Nur in der Hälfte dieser Fälle erstreckt sie sich bis in den Sulcus horizontalis anterior, in den anderen endet sie mehr oder weniger weit lateral in den genannten Hemisphären-lappen.

Der Sulcus postpyramidalis erstreckt sich fünfmal in den Sulcus inferior anterior, zweimal aber in den Sulcus inferior posterior. In der Tabelle 16 sind diese Beobachtungen zusammengefaßt.

Nur eine primäre Wurm-furche geht in eine nicht klassische Hemisphärenfurche über, nämlich ein Sulcus postpyramidalis in eine Fissur des Lobus biventer. Diese Wurmspalte kann sich also auf dreierlei Weise in die Hemisphäre erstrecken.

b) Die Hemisphärenfurchen an der Wurm-grenze. Fragen wir nun, wie sich die zahlreichen Primärfurchen der Hemisphären an der Wurm-grenze verhalten, so ergibt sich das folgende.

Tabelle 16. Frequenz der durch Wurm und Hemisphäre laufenden Primärfurchen.

Wurm	Hemisphäre	Frequenz
Sulc. praecentralis	Sulc. praecentralis	12
Sulc. postcentralis	Sulc. postcentralis	10
Fissura prima	Sulc. superior ant.	2
Sulc. postpyramidalis	Sulc. inferior post.	2
Sulc. postpyramidalis	Sulc. inferior ant.	5
Sulc. praepyramidalis	Sulc. posttonsillaris	31
Sulc. anonymus	Sulc. anonymus	31

Über die Sulci prae- und postcentralis wurde im vorigen Abschnitt berichtet.

Von den neunundzwanzig Sulci superiores anteriores gehen zwei in die Fissura prima über, dreimal endet er an der Wurm-Hemisphärengrenze und vierundzwanzigmal, darunter viermal als bedingt primäre Furche, tritt er auf den Wurm über; fünfzehnmal auf das Culmen (elfmal sekundär und viermal tertiär), achtmal auf das Declive (je viermal sekundär und tertiär). In einem Falle läßt er sich sowohl auf das Culmen wie auf das Declive verfolgen, weil er durch eine Feder in zwei Äste gespalten wird.

Von den sechs unbedingt primären Sulci superiores posteriores treten drei als Sekundärfurchen auf das Declive über, drei enden im Sulcus paramedianus. Unter den vierundzwanzig bedingt primären Furchen setzen sich zehn ebenfalls auf das Declive fort, fünf mit sekundärem Charakter und ebensoviele mit tertiärem. Vierzehn enden im Sulcus paramedianus. In eine primäre Wurmfißsur ist kein Sulcus superior posterior zu verfolgen.

Der Sulcus horizontalis posterior endet immer auf der Höhe des Declive im Sulcus paramedianus. Nie tritt er auf den Wurm.

Von den zehn Sulci inferiores posteriores erschöpfen sich zwei im Sulcus paramedianus. In sechs Fällen tritt die Fissur in eine Sekundärfurche des Wurms, und zwar einmal am Culmen, viermal am Declive und einmal auf der Pyramide. Zweimal geht er in den Sulcus postpyramidalis über.

Der Sulcus inferior anterior, in achtzehn Fällen unbedingt und in zweien bedingt primär, endet nur in drei Fällen im Sulcus paramedianus. Siebenmal tritt er auf das Declive; dabei ist er dreimal sekundär und viermal tertiär. Fünfmal läuft er auf die Pyramis, viermal sekundär und einmal tertiär. Fünfmal geht er in den Sulcus postpyramidalis über.

Von den fünfzig akzessorischen Furchen in der Pars anterior lobuli quadrangularis treten einundvierzig auf den Wurm über, darunter eine bedingt primäre. Der Übertritt erfolgt aber ausnahmslos in Gestalt sekundärer oder tertiärer Furchen und immer auf das Culmen. Die neun übrigen Spalten enden an der Wurm-Hemisphärengrenze.

Unter den achtzehn akzessorischen Furchen in der Pars posterior lobuli quadrangularis treten vierzehn auf den Wurm über, und zwar ausnahmslos auf das Declive. Fünfmal ist die Wurmfurche

sekundär, neunmal tertiär. Die übrigen vier, alle unbedingt primär, enden an der Wurm-Hemisphärengrenze.

Von den achtundzwanzig Furchen im Lobulus biventer treten fünf der siebenundzwanzig unbedingt primären auf den Wurm über: vier mit sekundärem Charakter auf die Pyramis und eine in den Sulcus postpyramidalis. Die anderen zweiundzwanzig unbedingt primären und die eine bedingt primäre enden an der Wurm-Hemisphärengrenze.

Zusammenfassend ist über die Hemisphärenfurchung folgendes festzustellen:

Von den insgesamt 296 Primärfurchen unserer Hemisphären sind 114 leer, 122 mit Windungen durchsetzt (also 236 unbedingt primär) und 60 bedingt primär. Von der Hemisphäre in primäre Wurmfißuren zu verfolgen sind 94. Von diesen entfallen auf die stets durchlaufenden Sulci anonymus und posttonsillaris je 31 (= 62), weitere 31 entfallen auf die Sulci praecentralis (12), postcentralis (10), superior anterior (2), inferior posterior (2) und inferior anterior (5), und eine einzige entfällt auf eine akzessorische Furche im Lobulus biventer. 202 Hemisphärenfurchen setzen sich nicht primär auf den Wurm fort. Ähnliches gilt für den Übertritt von Wurmfißuren auf die Hemisphäre.

Daß angesichts dieser Befunde eine allgemeingültige Lappengliederung der Hemisphäre an Hand von Primärfurchen nicht durchführbar ist, leuchtet ohne weiteres ein. Bekräftigt wird diese Feststellung dadurch, daß in manchen Hemisphären nicht nur klassische Furchen vermißt, sondern auch nichtklassische gefunden werden.

3. Symmetrie und Asymmetrie

In den sieben Fällen, in denen das ganze Kleinhirn zur Verfügung stand, wurde auch auf das symmetrische bzw. asymmetrische Verhalten der primären Hemisphärenfurchen geachtet. Dabei erwies es sich als zweckmäßig, zwischen absoluter und relativer Asymmetrie zu unterscheiden. Von absoluter Symmetrie sprechen wir, wenn sich eine Furche hinsichtlich ihrer Merkmale (leer, von Windungen durchzogen bedingt primär) auf beiden Seiten gleich verhält. Als relativ symmetrisch werden die Fälle betrachtet, in denen beiderseits vorhandene Sulci hinsichtlich dieser Kriterien verschieden sind, sich also streng genommen schon asymmetrisch verhalten. Beidseitiges Fehlen einer Primärfurche gilt natürlich als absolute Symmetrie.

belle 17. Vorkommen und Beschaffenheit der primären Hemisphärenfurchen in den sieben Kleinhirnen, an beiden Hälften zur Verfügung standen. L = leere, P = von Windungen durchlaufene, p = bedingt märe Furchen. In der letzten Kolonne und in der untersten Reihe gibt die erste Zahl die absoluten, die zweite (eingeklammert) die relativen Symmetrien an.

Sulci	1 re	1 li	6 re	6 li	10 re	10 li	16 re	16 li	19 re	19 li	22 re	22 li	I re	I li	Symm.
praecentralis . .	L	—	—	—	—	—	—	L	—	L	—	—	P	L	3 (4)
postcentralis . .	P	P	L	L	—	P	P	—	—	—	—	p	—	—	4 (4)
L. quadr. ant. . .	2 L	2 L	P	L	2 P	P	—	P	2 L	2 P	2 L	2 L	L	L	3 (5)
superior ant. . .	P	—	L	P	P	P	p	L	P	L	p	L	P	L	1 (6)
L. quadr. post. .	P	—	L	—	—	—	L	P	L	—	P	P	2 P	P	2 (3)
superior post. . .	p	p	p	p	P	P	P	P	L	p	p	p	p	p	6 (7)
horizont. post. .	p	—	p	—	p	p	P	—	p	p	p	p	p	p	4 (4)
inferior post. . .	P	P	—	P	—	P	p	—	—	—	—	—	—	—	4 (4)
inferior ant. . . .	P	P	P	—	P	P	—	p	P	L	—	—	P	P	4 (5)
L. biventer . . .	P	—	L	L	P	P	L	P	L	L	L	L	P	P	5 (6)
posttonsillaris . .	L	L	L	P	P	L	L	L	L	P	P	P	P	P	4 (7)
Symmetrien . . .	6 (6)		4 (7)		7 (8)		2 (5)		4 (9)		9 (10)		8 (10)		40 (55)

Die erhobenen Befunde sind in der Tabelle 17 zusammengestellt. Darin ist der Sulcus anonymus entsprechend seiner Sonderstellung nicht aufgenommen.

Die übrigen klassischen und nicht klassischen Furchen verhalten sich innerhalb weiter Grenzen verschieden. Hochgradig symmetrisch ist das Kleinhirn 22 mit neun Übereinstimmungen von elf geprüften Merkmalen. Etwas weniger symmetrisch sind I mit acht und 10 mit sieben Übereinstimmungen. Stark asymmetrisch sind 19 und 6 mit vier und namentlich 16 mit nur zwei Übereinstimmungen.

In mehreren Fällen ist eine Furche auf der einen Seite leer, während sie auf der andern fehlt. An unsern Objekten konstant mehr oder weniger symmetrisch sind die Sulci superior posterior und posttonsillaris. Am wenigsten symmetrisch verhalten sich die Furchen in der Pars posterior lobuli quadrangularis.

Zu statistischer Auswertung reicht unser Material nicht aus. Immerhin steht die Tatsache weitgehender Asymmetrie fest. Bei restlos symmetrischem Verhalten der elf Merkmale an den sieben Kleinhirnen müßten sich siebenundsiebzig positive Befunde ergeben und nicht nur vierzig bzw. fünfundfünfzig.

Werden nicht nur die primären Furchen berücksichtigt, sondern auch die sekundären usw. oder gar die einzelnen Windungen — an Kleinhirn I ist das geschehen —, so ergeben sich weitere Asym-

metrien in wachsender Zahl. Sicher ist, daß kein Kleinhirn in allen Einzelheiten symmetrische Hemisphären aufweist, und daß jedem einzelnen seine individuelle Beschaffenheit zukommt.

Zusammenfassung

Die makroskopische Gliederung des menschlichen Kleinhirns wurde auf Grund der auf dem Markkörper verlaufenden (primären) Furchen untersucht.

Unter den Lappen des Wurms stellt der Komplex Declive-Folium-Tuber einen einzigen, in seinem Bau vielgestaltigen Primärlappen dar. Die Zahl der Wurmlappen kann durch die bekannte «Verdoppelung des Lobulus centralis» um eine Einheit vermehrt sein.

Nach den Windungszahlen beurteilt, variiert der Wurm als Ganzes innerhalb einer bestimmten Streuung nach dem Gesetze des Zufalls. Nach demselben Gesetz und unabhängig voneinander variieren seine Lappen.

Die Zahl der primären Hemisphärenfurchen, in der Regel asymmetrisch, schwankt zwischen sechs und zwölf. Wurm- und Hemisphärenfurchen gehen nur ausnahmsweise ineinander über, und konstant ununterbrochen sind nur die Sulci anonymus und praepyramidalis-posttonsillaris.

Summary

The macroscopic subdivisions of the human cerebellum were arranged according to the primary sulci of the grey matter.

The three parts of the vermis declive-folium-tuber represent one single polymorphous primary lobe. The number of the lobes of the vermis may be increased by one unit as the result of a reduplication of the central lobule.

With regards to the number of the gyri the vermis as a whole varies within a certain deviation according to the "law of frequency of error". The lobes varie independently of one another according to the same law.

The number of the primary sulci of the hemispheres is asymmetrical and it varies from six to twelve. As a rule the sulci of both the vermis and the hemispheres are not connected with each other. The sulci anonymus and praepyramidalis-posttonsillaris are always connected with each other.

Résumé

Etude macroscopique du cervelet humain se basant sur l'anatomie des scissures disposées à la surface de la substance médullaire (scissures primaires). Le complexe Declive-Folium-Tuber constitue un lobe primaire unique, à structure compliquée, qui se distingue des autres lobes du vermis. Le dédoublement du lobus centralis fait augmenter d'une unité le nombre des lobes du vermis. A en juger par le nombre des circonvolutions, le vermis varie dans une proportion déterminée selon les lois du hasard. Ses lobes présentent, indépendamment les uns des autres, les mêmes variations. Au niveau des hémisphères, le nombre des scissures primaires, asymétriques par ailleurs, varie entre 6 et 12. Les scissures du vermis et celles des hémisphères ne se continuent qu'exceptionnellement les unes dans les autres; seuls les sulci anonymus et praepyramidalis-posttonsillaris sont ininterrompus de façon constante.

LITERATUR

- Brodal, A.*: Neurological Anatomy in Relation to Clinical Medicine. (Clarendon Press) Oxford 1948.
- Dow, R.S.*: Biol. Rev. 17, 179, 1942.
- Edinger, L.*: Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane. 1. Bd., F.C.W. Vogel, Leipzig 1904; Brain 29, 483, 1906; Anat. Anz. 35, 319, 1910.
- Fulton, J.F.*: Functional Localisation in the Frontal Lobes and Cerebellum. Oxford Univ. Press, Oxford 1949.
- Fulton, J.F. and R.S. Dow*: Yale J. Biol. Med. 10, 89, 1937.
- Hochstetter, F.*: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Gehirns. Franz Deuticke, Wien u. Leipzig 1929.
- Ingvar, S.*: Folia neurobiol. 11, 205, 1918.
- Klingler, J.*: Schweiz. Arch. Neurol. Psychiat. 36, 247, 1935.
- Larsell, O.*: Arch. Neurol. and Psychiatry 38, 580, 1937; Anatomy of the Nervous System. D. Appleton-Century Comp., New York/London 1942.
- Liechtenhahn, K.*: Acta anat. 1, 46, 1945/46.
- Ludwig, E.*: C. R. Ass. Anat. 30, 347, 1935.
- Ludwig, E. und J. Klingler*: C. R. Ass. Anat. 45, 1, 1938.
- Rauber-Kopsch*: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Abt. 5 u. 6. 14. Aufl., Georg Thieme, Leipzig 1930.
- Sobotta, J.*: Deskriptive Anatomie. 3. Teil. 9. Aufl., Lehmann, München-Berlin 1938.
- Spalteholz, W.*: Handatlas der Anatomie des Menschen. 3. Bd. 14. Aufl., S. Hirzel, Leipzig 1940.
- Villiger, E. und E.*: Ludwig, Gehirn und Rückenmark. 14. Aufl., Benno Schwabe, Basel 1946.

Eingegangen 14. September 1954.
